

DIALOG(R)File 347:JAPIO
(c) 1998 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

04055929

MANUFACTURING METHOD OF SEMICONDUCTOR DEVICE AND PROJECTION ALIGNER USING
THE SAME

PUB. NO.: 05-047629 JP 5047629 A]
PUBLISHED: February 26, 1993 (19930226)
INVENTOR(s): NOGUCHI MIYOKO
APPLICANT(s): CANON INC [000100] (A Japanese Company or Corporation), JP
(Japan)
APPL. NO.: 03-225226 [JP 91225226]
FILED: August 09, 1991 (19910809)
INTL CLASS: [5] H01L-021/027; G03F-007/20
JAPIO CLASS: 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components); 29.1 (PRECISION
INSTRUMENTS -- Photography & Cinematography)
JAPIO KEYWORD: R002 (LASERS)
JOURNAL: Section: E, Section No. 1389, Vol. 17, No. 340, Pg. 107, June
28, 1993 (19930628)

ABSTRACT

PURPOSE: To maintain a high resolution by adjusting optical characteristics including the magnification of projection, the distortion aberration and the curvature of field all of which vary with change in an optical path of a projection optical system when selecting an illumination system according to the pattern on the surface of a reticle.

CONSTITUTION: By means of a luminous flux from an ultra high pressure mercury lamp 11, a pattern on a reticle 30 is projected on a wafer 32 and forms an image. A diaphragm shape adjusting member 18 is installed in the form of the plurality of diaphragm turrets. As for an integrator 17, the plurality of small lenses are two-dimensionally arranged. The adjusting member 18 selects a specified small lens of the integrator 17. A masking blade 22 adjusts the position according to the size of the pattern. The small lenses which constitute the integrator 17 are selected according to a diaphragm of the adjusting member 18 and only the luminous fluxes that pass through the specified small lenses are used for illumination of the reticle 30 according to the shape of the pattern. When selecting an illumination system, the magnification of projection, the symmetric distortion aberration, the curvature of field, the partial fuzziness, and the pivotal inclination of the projection optical system 31 are adjusted by means of a calculating device 54, etc.

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 放射ビームで2次光源を形成し、該2次光源からの2次ビームにより原板の回路パターンを照明し、投影光学系により該2次ビームで照明された回路パターンの像を感光性基板上に投影する段階を含む半導体デバイスの製造方法において、前記2次光源の形状の変更に応じて前記投影光学系の光学特性の少なくとも一つを調整する段階を有することを特徴とする半導体デバイスの製造方法。

【請求項2】 前記2次光源の形状を前記原板の種類に応じて変更することを特徴とする請求項1の半導体デバイスの製造方法。

【請求項3】 前記調整段階において前記投影光学系の投影倍率を調整することを特徴とする請求項2の半導体デバイスの製造方法。

【請求項4】 前記調整段階において前記投影光学系の対称歪曲差を調整することを特徴とする請求項2の半導体デバイスの製造方法。

【請求項5】 前記調整段階において前記投影光学系の像面湾曲を調整することを特徴とする請求項2の半導体デバイスの製造方法。

【請求項6】 前記調整段階において前記投影光学系の片ボケを調整することを特徴とする請求項2の半導体デバイスの製造方法。

【請求項7】 前記調整段階において前記投影光学系のピボタル傾きを調整することを特徴とする請求項2の半導体デバイスの製造方法。

【請求項8】 前記原板として回路パターンの最小線幅が比較的大きな第1原板と回路パターンの最小線幅が比較的小さな第2原板とが使用され、該第1原板を使用する場合には前記2次光源が光軸近傍に形成され、該第2原板を使用する場合には前記2次光源が光軸外に形成されることを特徴とする請求項2の半導体デバイスの製造方法。

【請求項9】 前記光軸外に形成される2次光源がほぼ円形のリング状を成すことを特徴とする請求項8の半導体デバイスの製造方法。

【請求項10】 前記光軸外に形成される2次光源がほぼ矩形のリング状を成すことを特徴とする請求項8の半導体デバイスの製造方法。

【請求項11】 前記光軸を原点に直交座標を定めた時、前記光軸外に形成される2次光源が該直交座標の4つの象限の夫々に独立した光源部分を有することを特徴とする請求項8の半導体デバイスの製造方法。

【請求項12】 前記直交座標のx、y方向と前記原板の回路パターンを主として形成する縦横パターンの各方向とがほぼ一致することを特徴とする請求項8の半導体デバイスの製造方法。

【請求項13】 前記倍率を調整せしめるべく前記原板と前記投影光学系の間隔が調整されることを特徴とする

2

請求項3の半導体デバイスの製造方法。

【請求項14】 前記歪曲差を調整せしめるべく前記原板と前記投影光学系の間隔が調整されることを特徴とする請求項4の半導体デバイスの製造方法。

【請求項15】 前記倍率を調整せしめるべく前記投影光学系の屈折力が調整されることを特徴とする請求項3の半導体デバイスの製造方法。

【請求項16】 前記歪曲差を調整せしめるべく前記投影光学系の屈折力が調整されることを特徴とする請求項2の半導体デバイスの製造方法。

【請求項17】 放射ビームで形成した2次光源からの2次ビームにより原板のパターンを照明する照明光学系と、該2次ビームで照明されたパターンの像を基板上に投影する投影光学系と、前記2次光源の形状の変更に応じて前記投影光学系の光学特性の少なくとも一つを調整する手段とを有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項18】 前記2次光源の形状を前記原板の種類に応じて変更することを特徴とする請求項17の投影露光装置。

【請求項19】 前記調整手段が、前記投影光学系の投影倍率を調整することを特徴とする請求項18の投影露光装置。

【請求項20】 前記調整手段が、前記投影光学系の対称歪曲差を調整することを特徴とする請求項18の投影露光装置。

【請求項21】 前記調整手段が、前記投影光学系の像面湾曲を調整することを特徴とする請求項18の投影露光装置。

【請求項22】 前記調整手段が、前記投影光学系の片ボケを調整することを特徴とする請求項18の投影露光装置。

【請求項23】 前記調整手段が、前記投影光学系のピボタル傾きを調整することを特徴とする請求項18の投影露光装置。

【請求項24】 前記原板として回路パターンの最小線幅が比較的大きな第1原板と回路パターンの最小線幅が比較的小さな第2原板とが使用され、前記照明光学系が、該第1原板を使用する場合には前記2次光源を光軸近傍に形成し、該第2原板を使用する場合には前記2次光源を光軸外に形成することを特徴とする請求項17の投影露光装置。

【請求項25】 前記光軸外に形成される2次光源がほぼ円形のリング状を成すことを特徴とする請求項18の投影露光装置。

【請求項26】 前記光軸外に形成される2次光源がほぼ矩形のリング状を成すことを特徴とする請求項18の投影露光装置。

【請求項27】 前記光軸を原点に直交座標を定めた時、前記光軸外に形成される2次光源が該直交座標の4つの象限の夫々に独立した光源部分を有することを特徴

とする請求項18の投影露光装置。

【請求項28】 前記直交座標のx、y方向と前記原板の回路パターンを主として形成する縦横パターンの各方向とがほぼ一致することを特徴とする請求項27の投影露光装置。

【請求項29】 前記倍率を調整せしめるべく前記原板と前記投影光学系の間隔が調整されることを特徴とする請求項19の投影露光装置。

【請求項30】 前記歪曲収差を調整せしめるべく前記原板と前記投影光学系の間隔が調整されることを特徴とする請求項20の投影露光装置。

【請求項31】 前記倍率を調整せしめるべく前記投影光学系の屈折力が調整されることを特徴とする請求項19の投影露光装置。

【請求項32】 前記歪曲収差を調整せしめるべく前記投影光学系の屈折力が調整されることを特徴とする請求項20の投影露光装置。

【請求項33】 前記原板に形成されたパターンの最小線幅に関する情報を前記装置のコントローラーに入力する手段を備え、該コントローラーが該情報に応じて前記照明光学系の2次光源の形状を調整することを特徴とする請求項18の投影露光装置。

【請求項34】 前記入力手段が前記原板に形成された前記情報が記録されたバーコードを読み取る手段（バーコードリーダー）より成ることを特徴とする請求項33の投影露光装置。

【請求項35】 前記入力手段が前記装置の操作パネルより成ることを特徴とする請求項33の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体デバイスの製造方法及びそれを用いた投影露光装置に関し、具体的には半導体素子の製造装置である所謂ステッパーにおいてレチクル面上のパターンの照明方法を変化させたときの投影光学系の使用態様の変化における光学特性の変位のうち少なくとも1つを調整し、高い光学性能が容易に得られるようにしたものである。

【0002】

【従来の技術】最近の半導体素子の製造技術の進展は目覚ましく、又それに伴う微細加工技術の進展も著しい。特に光加工技術は1MDRAMの半導体素子の製造を境にサブミクロンの解像力を有する微細加工を技術まで達している。解像力を向上させる手段としてこれまで多くの場合、露光波長を固定して、光学系のNA（開口数）を大きくしていく方法を用いていた。しかし最近では露光波長をg線からi線に変えて、超高圧水銀灯を用いた露光法により解像力を向上させる試みも種々と行なわれている。

【0003】露光波長としてg線やi線を用いる方法の発展と共にレジストプロセスも同様に発展してきた。こ

の光学系とプロセスの両者が相まって、光リソグラフィが急激に進歩してきた。

【0004】一般にステッパーの焦点深度はNAの2乗に反比例することが知られている。この為サブミクロンの解像力を得ようとする、それと共に焦点深度が浅くなってくるという問題点が生じてくる。

【0005】これに対してエキシマレーザーに代表される更に短い波長の光を用いることにより解像力の向上を図る方法が種々と提案されている。短波長の光を用いる効果は一般に波長に反比例する効果を持っていることが知られており、波長を短くした分だけ焦点深度は深くなる。

【0006】短波長化の光を用いる他に解像力を向上させる方法として位相シフトマスクを用いる方法（位相シフト法）が種々と提案されている。この方法は従来のマスクの一部分に、他の部分とは通過光に対して180度の位相差を与える薄膜を形成し、解像力を向上させようとするものであり、IBM社（米国）のLevensonらにより提案されている。解像力RPは波長をλ、パラメータをk₁、開口数をNAとすると一般に式 $RP = k_1 \lambda / NA$

で示される。通常0.7～0.8が実用域とされるパラメータk₁は、位相シフト法によれば0.35ぐらい迄大幅に改善できることが知られている。

【0007】位相シフト法には種々のものが知られており、それらは例えば日経マイクロデバイス1990年7月号108ページ以降の福田等の論文に詳しく記載されている。

【0008】しかしながら実際に空間周波数変調型の位相シフトマスクを用いて解像力を向上させるためには未だ多くの問題点が残っている。例えば現状で問題点となっているものとして以下のものがある。

(イ)．位相シフト膜を形成する技術が未確立。

(ロ)．位相シフト膜用の最適なCADの開発が未確立。

(ハ)．位相シフト膜を付けられないパターンの存在。

(ニ)．(ハ)に関連してネガ型レジストを使用せざるをえないこと。

(ホ)．検査、修正技術が未確立。

【0009】このため実際に位相シフトマスクを利用して半導体素子を製造するには様々な障害があり、現在のところ大変困難である。

【0010】これに対して本出願人はパターン形状や解像線幅の大小に応じて照明方法を適切に構成することにより、より解像力を高めた露光方法を及びそれを用いた投影露光装置を特願平3-28631号（平成3年2月22日出願）で提案している。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】然しながら、前記の解像限界を拡大する方法において、パターン寸法がより微

細化するため、照明系を含めた光学系の諸性能(歪曲誤差、倍率誤差、像面湾曲等)に対してより厳しく制限する必要がある。例えば、このうち歪曲収差、倍率誤差は電子回路パターンが形成されている第1物体面であるレチクルと第2物体面であるウエハとを重ね合わせる際に重要なマッチング精度に影響を与えるものである。

【0012】更に、この光学系の諸性能に影響を与える光学系の収差は、周囲の環境、特に気圧や温度によって変化することや、露光によって投影光学系が露光エネルギーを吸収し、光学要素(例えば屈折率、形状)が変化

するため、このような変化も無視できなくなっている。【0013】一般に投影光学系の収差は瞳面上の波面収差となって表われる。一方、照明光は投影光学系の瞳に様々な角度で入射するが、この傾いた入射光は波面収差の位相ずれを引き起こす。照明法が切り替わるとこの角度分布が種々と変化し、結像における収差の影響の仕方が異なってくる。

【0014】又、照明法を変えると光路が異なってくる為、時間的な収差変化量も異なってくる。例えば本出願人が先の特願平3-28631号の投影露光装置において提案したようにレチクル面のパターンの方向や解像線幅の大小によって照明法を種々と変えて解像力を向上させると、それに伴ない投影光学系内を通過する光束の光路が変化してくる。そうすると投影光学系の有する諸収差、例えば歪曲収差、像面湾曲や倍率誤差がその都度異なってくる。

【0015】本発明はこのように照明方法を種々と変えて解像力を向上させようとしたときの投影光学系の光路の変更に伴なう、即ち投影光学系の収差の寄与の仕方の違いから生じる光学特性の違いを調整し、常に高い解像力を維持することができる半導体デバイスの製造方法及びそれを用いた投影露光装置の提供を目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体デバイスの製造方法は、放射ビームで2次光源を形成し、該2次光源からの2次ビームにより原板の回路パターンを照明し、投影光学系により該2次ビームで照明された回路パターンの像を感応性基板上に投影する段階を含む半導体デバイスの製造方法において、前記2次光源の形状の変更に応じて前記投影光学系の光学特性の少なくとも一つを調整する段階を有することを特徴としている。

【0017】特に本発明では前記調整段階において前記投影光学系の投影倍率、歪曲収差、像面湾曲、片ボケ、ビボタル傾き等を調整している。

【0018】この他本発明では、前記原板として回路パターンの最小線幅が比較的大きな第1原板と回路パターンの最小線幅が比較的小きな第2原板とが使用され、該第1原板を使用する場合には前記2次光源が光軸近傍に形成され、該第2原板を使用する場合には前記2次光源が光軸外に形成されることを特徴としている。

【0019】又本発明の半導体デバイスの製造方法を用いた投影露光装置は、放射ビームで形成した2次光源からの2次ビームにより原板のパターンを照明する照明光学系と、該2次ビームで照明されたパターンの像を基板上に投影する投影光学系と、前記2次光源の形状の変更に応じて前記投影光学系の光学特性の少なくとも一つを調整する手段とを有することを特徴としている。

【0020】特に本発明では、前記原板として回路パターンの最小線幅が比較的大きな第1原板と回路パターンの最小線幅が比較的小きな第2原板とが使用され、前記照明光学系が、該第1原板を使用する場合には前記2次光源が光軸近傍に形成し、該第2原板を使用する場合には前記2次光源を光軸外に形成することを特徴としている。

【0021】

【実施例】図1は本発明の実施例1の要部概略図である。図中11は超高圧水銀灯等の光源でその発光点は楕円ミラー12の第1焦点近傍に配置している。この超高圧水銀灯11より発した光が楕円ミラー12によって集光される。13は光路を曲げるためのミラー、14はシャッターで通過光量を制限している。15はリレーレンズ系で超高圧水銀灯11からの光を波長選択フィルター16を介してオプティカルインテグレート17に効率よく集めている。オプティカルインテグレート17は後述するように複数の微小レンズを2次元的に配列した構成より成っている。

【0022】本実施例においてはオプティカルインテグレート(インテグレート)17への結像状態はクリティカル照明でもケーラー照明でもよく、また例えば楕円ミラー12の射出口をオプティカルインテグレート17に結像するものであっても良い。波長選択フィルター16は超高圧水銀灯11からの光束の波長成分の中から必要な波長成分の光のみを選択して通過させている。

【0023】18は選択手段としての絞り形状調整部材であり、複数の絞りをターレット式に配置して構成しており、オプティカルインテグレート17の後に配置している。絞り形状調整部材18は駆動手段50により回転されオプティカルインテグレート17の形状に応じてオプティカルインテグレート17を構成する複数の微小レンズから所定の微小レンズの選択を行なっている。即ち、本実施例では絞り形状調整部材18により露光を行なう後述する半導体集積回路のパターン形状に合わせた照明方法を選択している。このときの複数の微小レンズの選択に関しては後述する。

【0024】19は光路を曲げるためのミラー、20はレンズ系であり、絞り形状調整部材18を通過した光束を集光している。レンズ系20は照明の均一性をコントロールするために重要な役割を果している。21はハーフミラーであり、レンズ系20からの光束を透過光と反射光に分割している。このうちハーフミラー21で反射

した光はレンズ38、ピンホール39を介してフォトディテクター40に導光している。ピンホール39は露光が行なわれるべきパターンを持ったレチクル30と光学的に等価な位置にあり、ここを通過した光がフォトディテクター40によって検出して、露光量のコントロールを行なっている。

【0025】22は所謂マスキングを行なうメカニカルブレードであり、レチクル30の露光されるべきパターン部の大きさによって駆動系(不図示)によって位置の調整を行なっている。23はミラー、24はレンズ系、25はミラー、26はレンズ系で、これらの各部材を介した超高圧水銀灯11からの光でレチクルステージ37上に載置されたレチクル30を照明している。

【0026】31は投影光学系であり、レチクル30上のパターンをウェハー32に投影結像させている。ウェハー32はウェハーチャック33に吸着しており、更にウェハーチャック33はレーザー干渉計36によって制御されるステージ34上に載置している。尚、35はミラーであり、ウェハーステージ34上に載置しており、あるレーザー干渉計(不図示)からの光を反射させている。

【0027】本実施例においてオブティカルインテグレート17の射出面17bは各要素19、20、23、24、25、26を介して投影光学系31の瞳面31aと略共役関係と成っている。即ち投影光学系31の瞳面31aに射出瞳17b、即ち絞形状調整部材18に相当する有効光源像が形成している。

【0028】次に図2を用いて投影光学系31の瞳面31aとオブティカルインテグレート17の射出面17bとの関係について説明する。オブティカルインテグレート17の形状は投影光学系31の瞳面31aに形成される有効光源の形状に対応している。図2はこの様子を示したもので、投影光学系31の瞳面31aに形成される射出面17bの有効光源像17cの形状が重ね描きされている。正規化するため投影光学系31の瞳31aの径を1.0としており、この瞳31a中にオブティカルインテグレート17を構成する複数の微小レンズが結像して有効光源像17cを形成している。本実施例の場合オブティカルインテグレートを構成する個々の微小レンズは正方形の形状をしている。

【0029】ここで半導体集積回路のパターンを設計するときに用いられる主たる方向となる直角軸をxおよびy軸に取る。この方向はレチクル30上に形成されているパターンの主たる方向と一致した方向であり、正方形の形状をしているレチクル30の外形の方向とほぼ一致している。

【0030】高解像力の照明系が威力を発揮するのは先に述べたk₁ファクターが0.5付近の値を取るときである。

【0031】そこで本実施例では絞形状調整部材18

の絞りによりオブティカルインテグレート17を構成する複数の微小レンズのうちからレチクル30面上のパターン形状に応じて所定の微小レンズを通過する光束のみをレチクル30の照明用として用いるようにしている。

【0032】具体的には投影光学系31の瞳面31a上で中心領域以外の複数の領域を光束が通過するように微小レンズを選択している。

【0033】図3(A)、(B)はオブティカルインテグレート17を構成する複数の微小レンズのうち絞形状調整部材18の絞りにより所定の微小レンズを通過する光束のみを選択したときを示す瞳面31a上における概略図である。同図において黒く塗りつぶした領域は光が遮光され白い領域は光が通過してくる領域を示している。

【0034】図3(A)はパターンで解像度が必要とされる方向がxおよびy方向であるときに対する瞳面31a上の有効光源像を示している。瞳面31aを表わす円を

$$x^2 + y^2 = 1$$

としたとき、次の4つの円を考える。

$$【0035】(x-1)^2 + y^2 = 1$$

$$x^2 + (y-1)^2 = 1$$

$$(x+1)^2 + y^2 = 1$$

$$x^2 + (y+1)^2 = 1$$

これらの4つの円によって瞳面31aを表わす円は領域101~108までの8つの領域に分解される。

【0036】本実施例でxおよびy方向に対して高解像で深度の深い照明系は、これらのうちから偶数の領域、即ち領域102、104、106、108に存在する微小レンズ群に優先的に光を通すように選択することによって達成している。原点であるx=0、y=0付近の微小レンズは主として粗いパターンの深度向上に効果が大きいので、中心付近の部分を選ぶか否かは焼き付けようとするパターンによって定まる選択事項である。

【0037】図3(A)の例では中心付近の微小レンズは除外した例が示してある。尚、オブティカルインテグレート17の外側の部分は照明系内でインテグレート保持部材(不図示)によって遮光されている。又図3

(A)、(B)では遮光すべき微小レンズと投影レンズの瞳31aとの関係を分かり易くするため瞳31aとオブティカルインテグレート17の有効光源像17cが重ね描きしている。

【0038】これに対し図3(B)は±45°方向のパターンに対して高解像が必要とされる場合の絞りの形状を示す。図3(A)の場合と同じく瞳31aとオブティカルインテグレート17の有効光源像17cとの関係を図示している。±45°パターンの場合には前と同じとして

【0039】

【数1】

$$\begin{aligned}
 & (x-1/\sqrt{2})^2 + (y-1/\sqrt{2})^2 = 1 \\
 & (x+1/\sqrt{2})^2 + (y-1/\sqrt{2})^2 = 1 \\
 & (x+1/\sqrt{2})^2 + (y+1/\sqrt{2})^2 = 1 \\
 & (x-1/\sqrt{2})^2 + (y+1/\sqrt{2})^2 = 1
 \end{aligned}$$

なる4つの円を、瞳31aに対して重ね描きして図3(A)の場合と同じく瞳31aを領域111~118の8つの領域に区分する。この場合±45°方向のパターンの高解像化に寄与するのは今度は奇数で表わされた領域、即ち領域111, 113, 115, 117である。この領域に存在しているオプティカルインテグレート17の微小レンズを優先的に選択することにより±45°方向のパターンはk₁ファクターが0.5付近で焦点深度が著しく増大する。

【0040】図4は絞り形状調整部材18の各絞り18a~18dの切り換えを行なう概略図である。図4に示すようにターレット式の交換方式を採用している。第1の絞り18aは、k₁で1以上のそれほど細くないパターンを焼きつける場合に用いられる。第1の絞り18aはこれまで公知の従来型の照明光学系の構成と同じであり、必要に応じてオプティカルインテグレート17を構成する微小レンズ群の外側の部分を遮光する様にも設定される固定の絞りである。絞り18b~18dは本実施例のレチクルのパターンの種類に従う種々の絞りである。

【0041】このように本実施例では光軸を原点と直交座標を定めた時、前記光軸外に形成される2次光源が該直交座標の4つの象限の夫々に独立した光源部分を有するようにしている。

【0042】又、本実施例において前記基板として回路パターンの最小線幅が比較的大きな第1基板と回路パターンの最小線幅が比較的小さな第2基板とが使用され、該第1基板を使用する場合には図4の開口18aの如く前記2次光源が光軸近傍に形成され、該第2基板を使用する場合には前記2次光源が図4の開口18b, 18c, 18dの如く光軸外に形成されるようにしている。

【0043】この他、2次光源が光軸外に形成される形態としては例えば円形のリング状や矩形のリング状等が適用可能である。

【0044】この他、一般的な傾向として高解像用の照明系の場合、オプティカルインテグレート17は従来の照明系で必要とされる大きさより、瞳面上でより外側の領域まで使う方が高空間周波数に対し有利である。例えば従来の照明系では半径0.5以内の微小レンズ群を使うことが好ましいのに対し、高解像用の照明系の場合には中心部の微小レンズは使用しないものの、例えば最大半径0.75以内の円の中にある微小レンズ群まで使用の方が好ましいことがある。

【0045】このためオプティカルインテグレート17

10

の大きさ、及び、照明系のその他の部分の有効径は、予め従来型と高解像型の両者を考慮して設定しておくことが好ましい。また、オプティカルインテグレート17の入射口17aにおける光の強度分布も、絞りが挿入されても十分機能が果たせるような大きさを持っていることが好ましい。絞り18aで外側の微小レンズ群を遮光する場合があるのは以上のような理由からで、例えばオプティカルインテグレート17としては半径0.75のところまで用意しておいても、絞り18aではそのうちから半径0.5以内の部分を選ぶといったことが行なわれる。

【0046】以上示したように露光を行なうべき半導体集積回路のパターンの特殊性を考慮したうえで絞りの形状を決定すれば、パターンに応じた最適の露光装置を構成することができる。これらの絞りの選択は例えば露光装置全体の後述する制御コンピュータ(制御部54)から与えて、自動的に行なっている。図4に示したのはこのような絞りを搭載した絞り形状調整部材18の一例で、この場合には4種類の絞り18a~18dのパターンを選択することが可能である。勿論この数はもっとふやすことも容易である。

【0047】絞りを選択したとき、絞りの選択に従って照度むらが変化する場合がある。そこで本実施例ではこのような場合の照度むらをレンズ系20を調整して微調を行なっている。照度むらの微調については、レンズ系20を構成する個々の要素レンズの光軸方向の間隔で調整可能であることが既に本出願人の先の出願によって示されている。51は駆動機構であり、レンズ系20の要素レンズを駆動させている。レンズ系20の調整は絞りの選択に応じて行なっている。また場合によっては絞りの形状の変更に応じてレンズ系20自体をそっくり交換するようにすることも可能である。そのような場合にはレンズ系20に相当するレンズ系を複数個用意し、絞りの形状の選択に従ってターレット式に交換されるようにレンズ系を入れ替えている。

【0048】以上のように本実施例では、絞りの形状を変更することによって半導体集積回路のパターンの特徴に応じた照明系を選択している。また本実施例の場合、高解像用の照明系にした場合、大きく有効光源全体を見ると光源自体が4つの領域に別れることが特徴となっている。この場合の重要要素はこの4つの領域の強度のバランスである。しかしながら図1のような系だと超高圧水銀灯11のケーブルの影がこのバランスに悪影響を与える場合がある。従って、図3に示した絞りをを用いる高解像用の照明系ではケーブルの影になる線状の部分をオプティカルインテグレート17で遮光する微小レンズの位置と対応するようにセットさせることが望ましい。

【0049】即ち、図3(A)の絞りの場合で言えば図5(A)に示す様にケーブル11aを引っ張る方向はxまたはy方向にセットすることが好ましく、図3(B)

11

の絞りを使用した場合のケーブル11aを引っ張る方向は図5(B)に示す様にx及びy方向に対して $\pm 45^\circ$ にセットすることが好ましい。本実施例では超高圧水銀灯のケーブルを引っ張る方向も、絞りの変更に対応して変えることが好ましい。

【0050】尚、図1の52、53は各々ウエハ32の面位置(光軸31b方向)を検出する為の投光系と受光系である。

【0051】投光系52からの光はウエハ32面上にスポット光を形成する。ウエハ32で反射した光は受光系53のポジションセンサーに入射し、光源像を結像している。

【0052】即ち、同図に示すウエハ32の面位置検出においてはウエハ32の面上の光束の反射点と受光系53からのポジションセンサー上の入射点とを結像関係となるようにし、ウエハ32の上下方向の位置ずれ量をポジションセンサー上の光束の入射位置より検出している。

【0053】本実施例では第1物体面(レチクル)30上のパターンを投影光学系31により第2物体面(ウエハ)32上に投影露光する際、第1物体面上のパターン形状に対応させて複数の微小レンズを2次元的に配列したオプティカルインテグレータ17の複数の微小レンズのうちから例えば図3(A)、(B)に示すように所定の微小レンズを通過する光束を選択している。

【0054】即ち、該投影光学系の瞳面上で例えば図4で示す開口の領域を光束が通過するようにし、該領域を通過するような光束で該第1物体面上のパターンを照明している。

【0055】次にこのときの投影光学系の使用態様の違いにより光学特性、例えば歪曲収差や倍率変化等の作用の違いのうち少なくとも1つを調整する方法について説明する。

【0056】本実施例では投影光学系31の光学特性の調整をマイクロプロセッサから成る制御部54を中心に行なっている。制御部54は例えば次のような機能を有している。

【0057】(イ)レチクル30の照明方法を絞り形状調整部材18を駆動させる駆動手段50からの信号に基づいて検出している。

【0058】(ロ)照明方法を検出することにより投影光学系31の使用態様による光学特性の変化、例えば歪曲収差や倍率誤差等を後述するように演算し求めている。そしてこのときの歪曲収差や倍率誤差等の光学特性の変化を例えば投影光学系31のレチクル30に近いレンズ56を駆動手段57によって光軸上移動させたり、又はレチクル位置検出手段65からの信号を利用して駆動手段66によりレチクル30の位置を駆動させたりして調整している。

【0059】(ハ)気圧センサー61、温度センサー6

12

2、湿度センサー63からの信号及びレンズ温度センサー64からの信号に基づいて投影光学系31のピント位置変動や倍率変化等を予め記憶した式及び係数等を用いて演算し求めている。そしてこのときの変化量を例えば駆動手段55によりステージ34を光軸31b方向に移動させて補正している。

【0060】次に本実施例において表-1に示す数値より成る投影光学系を用いたときの光学特性の調整方法の具体例について説明する。図7に表-1の投影光学系のレンズ断面図を示す。

【0061】まず表-2にレチクル30と投影光学系31との間隔S1、及び各レンズ間隔L1~L13を個別に1mm変化させたときのウエハ2面上の像高10mmの位置における対称歪曲収差の変化量(ΔSD)、投影倍率の変化量($\Delta \beta$)、これらの比($\Delta SD/\Delta \beta$)、像高の変化量(Δy)、片ボケの変化量 ΔAy 、ピボタル傾きの変化量 ΔP を示す。

【0062】本実施例ではこのようにレンズ間隔を変化させたときの光学特性の変動を予め求めておき、照明方法を種々と変えたときの投影光学系の使用態様の違いによる生じる光学特性の変化を調整している。

【0063】

表-1

R 1=	223.62	D 1=	15.00	N 1=	1.52113
R 2=	-3002.34	D 2=	198.58		
R 3=	447.09	D 3=	8.00	N 2=	1.52113
R 4=	120.41	D 4=	6.85		
R 5=	1361.15	D 5=	8.00	N 3=	1.52113
R 6=	116.03	D 6=	60.00		
R 7=	233.10	D 7=	24.00	N 4=	1.52113
R 8=	-194.78	D 8=	1.00		
R 9=	183.54	D 9=	20.00	N 5=	1.52113
R10=	-539.45	D10=	30.00		
R11=	68.35	D11=	27.00	N 6=	1.52113
R12=	49.48	D12=	55.00		
R13=	-74.38	D13=	12.00	N 7=	1.52113
R14=	121.20	D14=	30.00		
R15=	-36.94	D15=	20.00	N 8=	1.52113
R16=	-53.05	D16=	1.00		
R17=	-664.38	D17=	18.00	N 9=	1.52113
R18=	-89.10	D18=	1.00		
R19=	358.30	D19=	16.50	N10=	1.52113
R20=	-215.20	D20=	1.00		
R21=	122.34	D21=	18.50	N11=	1.52113
R22=	608.00	D22=	1.00		
R23=	68.11	D23=	20.00	N12=	1.52113
R24=	103.07	D24=	73.14		

表-1においてR iはレチクル側より数えて第i番目のレンズ面の曲率半径、D iはi番目のレンズ厚又は空気間隔、N iはi番目のレンズの材質の屈折率である。

【0064】表-2

*【表1】

【0065】

*

	対称歪曲誤差 $\Delta S D (\mu m)$	倍率誤差 $\Delta \beta (\mu m)$	$\Delta S D / \Delta \beta$
S 1	0. 7 7	0	∞
L 1	1. 0 8	- 2 0	0. 0 5 4
L 2	1. 0 3	- 1 5	0. 0 6 8
L 3	4. 4 0	2 0	0. 2 2
L 4	- 0. 3 3	- 1 0	0. 0 3 3
L 5	- 0. 3 2	4 5	0. 0 0 7
L 6	0. 1 9	3 5	0. 0 0 5
L 7	- 0. 2 4	- 7 5	0. 0 0 3
L 8	0. 5 8	- 9 0	0. 0 0 6
L 9	- 0. 6 7	- 1 0	0. 0 6 7
L 1 0	- 0. 3 9	2 0	0. 0 2 0
L 1 1	0. 2 0	2 0	0. 0 1
L 1 2	0	0	0

【0066】

※ ※【表2】

	像面湾曲 $\Delta y (\mu m)$	ピボタル傾き ΔP	片ボケ量 $\Delta A y$
S 1	- 0. 1	0. 1 8	- 0. 0 2
L 1	- 0. 1	0. 1 2	- 0. 1 9
L 2	4. 1	- 0. 0 5	0. 3 0
L 3	- 2 2. 7	- 1. 7 1	7. 0 1
L 4	4. 2	0. 0 2	0. 2 7
L 5	7. 6	- 0. 5 0	- 2. 0 9
L 6	5. 1	0. 1 7	- 0. 7 7
L 7	2 1. 2	- 4. 5 4	1. 8 6
L 8	3 8. 1	- 1 0. 2 3	0. 1 3
L 9	8. 7	0. 4 4	0. 9 7
L 1 0	8. 1	0. 2 6	- 0. 2 4
L 1 1	1 1. 8	- 0. 3 7	0. 7 2
L 1 2	0	0	0

次に本実施例における光学特性の調整方法の具体例について説明する。今、照明方法として図3と同様に表わしたとき図6 (A) に示すように直交座標の4つの象限に★50

★各々独立した光源部分を有する照明法1と図6 (B) に示す従来のように光軸近傍のみに光源部分を有する照明法2とを用いた場合を例にとる。

【0067】このときの投影光学系31の倍率誤差、歪曲誤差、像面湾曲が照明法により以下のように変化した。これはウエハ面上での像高10mmの位置における*

*ものである。
【0068】
【表3】
N

	照明法1	照明法2
倍率誤差	-0.5	-0.3
歪曲誤差	-0.3	0.0
像面湾曲	9.0	8.0

(単位 μm)

ここで表-2のデータを用いて、倍率誤差、歪曲誤差、像面湾曲、片ボケとピボタル傾きを補正する。

※5の変化量を $\Delta L5$ 、間隔L8の変化量を $\Delta L8$ とする
と、歪曲誤差 ΔSD 、倍率誤差 ΔB 、像面湾曲 ΔY 、片ボケ ΔAY とピボタル傾き ΔP は各々次式となる。

【0069】今、間隔S1の変化量を $\Delta S1$ 、間隔L1の変化量を $\Delta L1$ 、間隔L3の変化量を $\Delta L3$ 、間隔L※

【0070】

$$\begin{aligned}\Delta SD &= 0.77 \times \Delta S1 + 1.08 \times \Delta L1 + 4.40 \times \Delta L3 \\ &\quad - 0.32 \times \Delta L5 + 0.58 \times \Delta L8 \\ \Delta B &= -20.0 \times \Delta L1 + 20.0 \times \Delta L3 \\ &\quad + 45.0 \times \Delta L5 - 90.0 \times \Delta L8 \\ \Delta Y &= -0.10 \times \Delta S1 - 0.10 \times \Delta L1 - 22.7 \times \Delta L3 \\ &\quad + 7.60 \times \Delta L5 + 38.1 \times \Delta L8 \\ \Delta P &= 0.18 \times \Delta S1 + 0.12 \times \Delta L1 - 1.71 \times \Delta L3 \\ &\quad - 0.50 \times \Delta L5 - 10.2 \times \Delta L8 \\ \Delta SD &= -0.02 \times \Delta S1 - 0.19 \times \Delta L1 + 7.01 \times \Delta L3 \\ &\quad - 2.09 \times \Delta L5 + 0.13 \times \Delta L8\end{aligned}$$

照明法1から照明法2に切り替える場合を考える。

★S1, $\Delta L1$, $\Delta L3$, $\Delta L5$, $\Delta L8$ を未知数として解けばよい。

【0071】片ボケ ΔAY とピボタル傾き変化 ΔP を0とし、上表の諸量の差、歪曲誤差 ΔSD 、倍率誤差 Δ

【0072】

B、像面湾曲 ΔY を補正するためには、以下の式より★30

$$\begin{aligned}\Delta SD &= 0.77 \times \Delta S1 + 1.08 \times \Delta L1 + 4.40 \times \Delta L3 \\ &\quad - 0.32 \times \Delta L5 + 0.58 \times \Delta L8 = 0.2 \\ \Delta B &= -20.0 \times \Delta L1 + 20.0 \times \Delta L3 \\ &\quad + 45.0 \times \Delta L5 - 90.0 \times \Delta L8 = 0.3 \\ \Delta Y &= -0.10 \times \Delta S1 - 0.10 \times \Delta L1 - 22.7 \times \Delta L3 \\ &\quad + 7.60 \times \Delta L5 + 38.1 \times \Delta L8 = 1.0 \\ \Delta P &= 0.18 \times \Delta S1 + 0.12 \times \Delta L1 - 1.71 \times \Delta L3 \\ &\quad - 0.50 \times \Delta L5 - 10.2 \times \Delta L8 = 0.0 \\ \Delta SD &= -0.02 \times \Delta S1 - 0.19 \times \Delta L1 + 7.01 \times \Delta L3 \\ &\quad - 2.09 \times \Delta L5 + 0.13 \times \Delta L8 = 0.0\end{aligned}$$

解がない場合には、歪曲誤差 ΔSD 、倍率誤差 ΔB 、像面湾曲 ΔY 、ピボタル傾き ΔP と片ボケ ΔAY それぞれの量に最も近いものでよい。

【0073】又、5つの量を補正するために、必ずしも5つの未知数、即ち5つのレンズ間隔でなくともよく、レンズ間の少なくとも1つ以上あるいは5つ以上であってもよい。

【0074】次に気圧や温度など周囲の環境や、露光エネルギーの吸収によって時間的に変化する歪曲誤差、倍率誤差、像面湾曲、ピボタル傾きと片ボケも、時間的変☆50

☆化の各量を、測定あるいは予め計算することによって同様にレンズ間の少なくとも1つ以上の間隔を調整して補正することができる。

【0075】次に例えば対称歪曲誤差、投影倍率誤差の2つの補正を照明法によって変えて調整する場合について説明する。

【0076】このとき本実施例では環境変化に伴う時間的な光学特性の変化に対して考慮して調整している。

【0077】今、間隔S1の変化量を $\Delta S1$ 、間隔L1の変化量を $\Delta L1$ とすると表-2のデータより対称歪曲

17

と投影倍率の変化量 ΔSD 、 $\Delta \beta$ は各々次式となる。

【0078】

【数2】

$$\begin{cases} \Delta SD = 0.77 \times \Delta S1 + 1.08 \times \Delta L1 \\ \Delta \beta = -20 \times \Delta L1 \end{cases}$$

従って対称歪曲と投影倍率の各々の修正目標値が与えられ、 $\Delta L1$ 、 $\Delta S1$ は次式で与えられる。

【0079】

【数3】

$$\begin{cases} \Delta S1 = k_1 - (20 \times \Delta SD + 1.08 \times \Delta \beta) \\ \Delta L1 = (1/20) \times \Delta \beta \end{cases}$$

但し、 $k_1 = (15.4)^{-1}$

以上の値を利用して、本実施例では気圧、温度等の環境の変化等による歪曲誤差の中で最も影響の多い投影倍率誤差及び対称歪曲誤差の双方を良好に補正している。

【0080】又、間隔 $S1$ 、即ち投影光学系と物体面（レチクル）の距離の変化による収差の変化は投影倍率、ピント位置等の近軸量の変化に比べて通常少なく、投影光学系内のレンズ間の空気間隔と比較しても収差量の変化量と近軸量の変化量の比、即ち

（収差量の変化量）／（近軸量の変化量）

が小さい。これは投影光学系内での光線の傾きが物体面と投影光学系との間の光線の傾きに比べて通常大きく、空気間隔が変化した場合には屈折面での光線の入射高差が大きくなるので収差変化が大きくなる為である。

【0081】この為、本実施例では投影倍率の補正をレチクル30を駆動手段66で動かすことにより、主に間隔 $S1$ で行ない、対称歪曲誤差に補正を投影光学系内のレンズ56を動かすことにより行なうようにし、これにより投影倍率誤差と対称歪曲誤差を同時に良好に補正している。特に対称歪曲以外の収差の変化が少ない空気間隔を選ぶことにより、全ての光学性能を良好に維持している。

【0082】投影光学系31が両側テレセンの場合には物体側をテレセントリックにする為にレンズが存在し、これはフィールドレンズと呼ばれている。

【0083】両側テレセンの場合にはレチクル～レンズ間を変化させても倍率及び対称歪曲以外の収差の変化は僅少であるが、対称歪曲は変化する。又フィールドレンズを変化させると他の収差を悪化させずに倍率及び対称歪曲を変化させることができる。そこで本実施例ではレチクル～レンズ間及びフィールドレンズの2者を動かすことにより像性能は悪化させずに歪曲誤差を変化させている。

【0084】本実施例では図8に示すようにレチクルRの一部に設けたバーコード1001をバーコードリーダー（入力手段）1002で読取り、レチクルに形成され

18

ているパターン形状や解像線等の情報を検出し、コントローラ58に入力している。又、このパターン情報は操作パネル等から成る入力手段59によりコントローラ58に入力してもいい。コントローラ58はバーコードリーダーや入力手段59からのパターン情報により、2次光源の強度分布としてどのような分布が良いかを判断し、それに基づいて駆動手段50を駆動制御して例えば図3（A）、（B）で示す強度分布となるように設定している。

10 【0085】

【発明の効果】本発明によれば投影露光するレチクル面上のパターンの細かさ、方向性などを考慮して、該パターンに適合した照明系を選択することによって最適な高解像力の投影露光を行なう際の投影光学系の光路の変更に伴う、即ち投影光学系の使用態様の違いから生じる光学特性の違いを前述の如く調整することにより、常に高い解像力を維持することができる半導体デバイスの製造方法及びそれを用いた投影露光装置を達成することができる。

20 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例1の要部概略図

【図2】 投影光学系の瞳とオプティカルラインテグレートとの関係を示す説明図

【図3】 投影光学系の瞳面上を示す説明図

【図4】 本発明で使用される絞りの詳細図

【図5】 超高圧水銀灯からケーブルの引き出し方を示す図

【図6】 本発明に係る投影光学系の瞳面上を示す説明図

30 【図7】 本発明に係る投影光学系の数値例のレンズ断面図

【図8】 レチクル面上のバーコードの読取りを示す説明図

【符号の説明】

11 超高圧水銀灯

12 楕円ミラー

13 ミラー

14 シャッター

15 レンズ

40 16 波長選択フィルター

17 オプティカルラインテグレート

18 メカ絞り

19 ミラー

20 レンズ

21 ハーフミラー

22 マスキングブレード

23, 25 ミラー

24, 26 レンズ

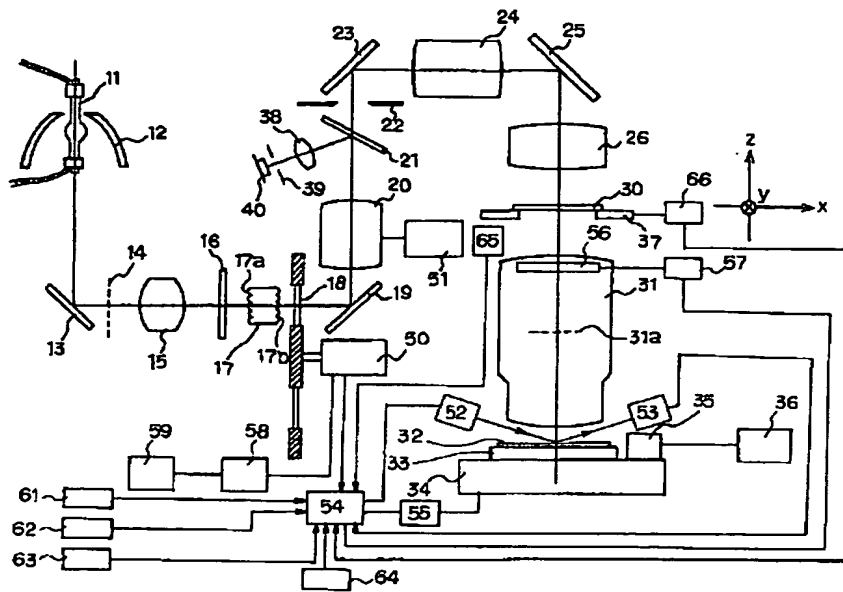
30 レチクル

50 31 投影光学系

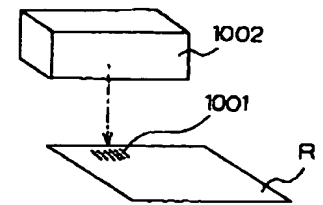
19
 32 ウエハ
 33 ウエハーチャック
 34 ウエハーステージ
 35 レーザ干渉計のミラー
 36 レーザ干渉計
 37 レチクルステージ
 38 レンズ
 39 ピンホール

20
 40 フォトディテクタ
 50 絞りの駆動系
 51 レンズ駆動系
 52 投光系
 53 受光系
 54 計算手段
 55 駆動手段
 58 コントローラ

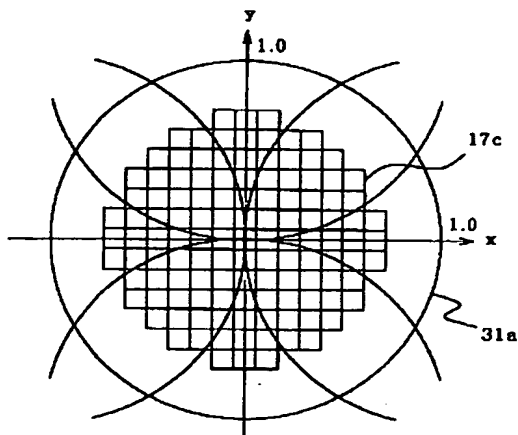
【図1】



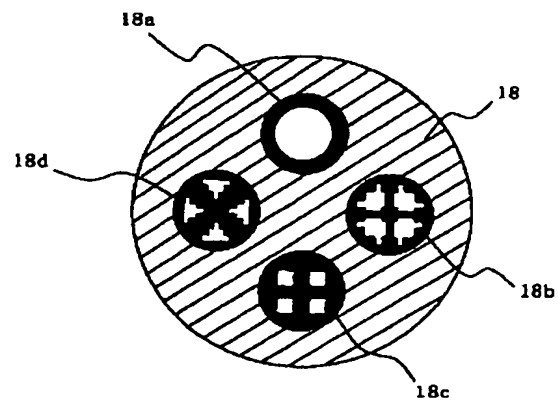
【図8】



【図2】



【図4】



【 図 7 】

